



음식물류 폐기물 퇴비 시용이 토마토 생육 및 토양특성에 미치는 영향

이영돈¹, 칼리드후세인¹, 유재홍², 주진호^{1*}

¹강원대학교 농업생명과학대학 바이오자원환경학과

²농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 농업미생물과

The Effect of Food Waste Compost on Tomato (*Lycopersicon Esculentum*,L) Growth and Soil Chemical Properties

Young Don Lee¹, Khalid Abdallah Huseein¹, Jae Hong Yoo² and Jin Ho Joo^{1*} (¹Department of Biological Environment, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea, ²Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Sciences, RDA (Rural Development Administration), Wanju 55365, Korea)

Received: 31 October 2019/ Revised: 18 November 2019/ Accepted: 20 November 2019

Copyright © 2019 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Jin Ho Joo

<https://orcid.org/0000-0001-6698-571X>

Young Don Lee

<https://orcid.org/0000-0001-7778-5385>

Khalid Abdallah Huseein

<https://orcid.org/0000-0001-6138-0906>

Abstract

BACKGROUND: From year 2005, landfill for food waste has been prohibited. Also, according to London agreement in year 2013, ocean discharge for livestock manure, sewage sludge, and food waste has been regulated. Alternative way for food waste disposal is incineration. However, due to high moisture content, additional input for energy is needed. Therefore, effective way for food waste disposal such as application of food waste compost is needed.

METHODS AND RESULTS: Seven different treatments (livestock compost, food waste compost, food waste + livestock compost, livestock compost + chemical fertilizer, food waste compost + chemical fertilizer, food waste + livestock compost + chemical fertilizer and control) were applied to tomato crop. All treatments were replicated with completely randomized design. Tomato growth treated with LC+NPK showed the highest values at 6 weeks for all parameters such as leaf length (11.80 cm), leaf width (6.88 cm), and chlorophyll (61.12 O.D.), compared to other

treatments. Subsequently the FWC+LC+NPK treatment was followed (11.51 cm, 6.40 cm, 59.50 O.D. for leaf length, leaf width, and chlorophyll, respectively). EC, OM contents, and CEC in the soil treated with the composts significantly increased.

CONCLUSION: To evaluate the effect of food waste compost application on tomato growth and soil chemical properties, we carried out field experiment treated with 7 treatments with 3 replicates. The LC+NPK treatment showed highest values for all parameters. Some parameters such as shoot length and total length for tomato were not significantly different between the LC+NPK and the FWC+LC+NPK treatments.

Key words: Food waste compost, Live-stock compost, Plant growth, Soil properties, Tomato

서론

현재 우리나라는 도시화 및 산업발달로 인하여 자연의 자정능력을 넘은 많은 오염물질들이 배출되고 있다. 이에 정부는 에너지의 소비 최소화와 자연생태계 복원 등 많은 노력들을 하고 있으며, 특히 이 중에서도 폐기물에 대한 재활용의

*Corresponding author: Jin Ho Joo

Phone: +82-01-5379-6229; Fax: +82-33-250-6448;

E-mail: jhjoo@kangwon.ac.kr

Table 1. chemical properties of the soil used

pH (1:5 H ₂ O)	EC dS m ⁻¹	O.M g kg ⁻¹	Av. P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	Exch. cation (cmol.kg ⁻¹)				
				CEC	Ca	K	Mg	Na
6.20±0.01	0.56±0.03	19.74±3.05	350.42±18.74	13.85±0.20	5.54±0.04	0.65±0.03	0.86±0.01	0.12±0.01

관심도가 급증하였다(Phae et al., 2002). 음식물류 폐기물의 경우 2005년부터 직매립이 금지되었으며, 2013년 런던협약에 의해 가축분뇨, 하수 슬러지, 음식물류 폐기물 등이 해양배출이 금지되어 폐기물의 취급 및 보관에 대한 어려움을 겪고 있다(Kim et al., 2015). 배출되던 폐기물의 처리를 위해 소각은 필수적이거나 음식물류폐기물 원자재의 높은 수분함량으로 인해 발열량이 상대적으로 낮아 추가적으로 보조연료를 사용해야 하며, 소각 시 다이옥신 등 유해물질 발생과 열효율 등의 문제가 있어 음식물류폐기물의 자원화의 필요성이 요구되고 있다(Phae, 2002). 자원화의 경우 호기성 퇴비화, 혐기성 퇴비화, 건식사료화, 습식 사료화, 메탄화 등이 있으며, 자원화의 방법에 따라 환경적, 기술적, 경제적 측면이 상이하나 대표적으로 습식사료화와 호기성 퇴비화가 경제적인 측면에서 가장 우수한 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2015). 습식 사료화는 음식물에 이물질이 함유 되어있지 않는 발생원에서 수거가 가능하며, 신속하게 운반 및 멸균처리를 거쳐 가축에게 공급하는 방식으로 간단하고 경제적이지만 영양적인 측면에서 불균일하고, 수거 및 운반과정에서 부패가 될 가능성이 높다는 문제가 있다(Lee and Kim, 2000). 반면 호기성 퇴비화의 경우 생물학적 방법으로서 유기물을 안정시켜 환경에 악영향을 미치지 않는 선에서 퇴비화를 하는 방법 중 하나로서 호기성 퇴비화로 제조된 음식물류폐기물 퇴비는 유기물 함량이 높아 토양에 시용 시 토양의 이화학적 성질을 개선시키는 특성을 가지고 있다(Kim and Kim, 2007). 음식물류폐기물 퇴비의 높은 염분함량(NaCl)은 우려가 되는 부분이며, 이러한 문제를 해결하고자 퇴비화 시 톱밥과 왕겨와 같은 수분조절제를 50%이상 첨가하여 최종 생산되는 염분함량을 0.4%로 줄일 수 있으며, 염분함량이 낮은 가축분뇨를 혼합하여 퇴비화 시 염분함량을 줄이는 등 다양한 연구가 진행되고 있다(Lee et al., 2015). 위와 같이 음식물류폐기물 퇴비는 함유된 유기물을 통해 토양의 물리성 및 화학성을 개량할 수 있어야 하며, 농경지에 장기간 연용 하더라도 NaCl과 같은 일부 성분이 토양 집적 및 흡수장애를 일으켜 농작물에 위해성이 없어야 된다. 최종 생산된 퇴비는 엄격하게 품질관리를 하여 퇴비를 사용하는 농민들에게 신뢰를 주어야 할 것이다(Kwon et al., 2009). 따라서 본 연구에서는 비료공정규격에 적합한 음식물류폐기물 퇴비 처리가 토마토 작물 생육 효과와 토양의 화학적 성질에 미치는 영향에 대해 조사하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시포장

본 연구에 사용된 포장은 강원도 춘천시 신북읍에 위치한 강원대학교 부설농장 밭 포장을 이용하였으며, 최근 2년간 작물이 재배되지 않았던 포장을 선정하여 사용하였다. 공시 포장의 화학성은 pH 6.20, EC 0.56 dS m⁻¹, 유기물 19.74 g kg⁻¹, 유효인산 350.42 mg kg⁻¹, CEC 13.85으로 pH를 제외한 나머지의 경우 일반적인 밭토양의 화학성을 보였다 (Table 1).

공시시료(가축분 퇴비 · 음식물류폐기물 퇴비)

본 연구에 사용된 퇴비는 시중에서 구입한 D 제품의 가축분퇴비(LC)를 선정하였으며, 음식물류폐기물 퇴비(FWC)의 경우 경기도 가평시에 위치한 음식물류폐기물 자원화시설로부터 제공받아 사용하였다. 혼합한 퇴비(FWC+LC)의 경우 위 두가지의 퇴비를 음식물 7 : 가축분 3 비율로 혼합하여 사용하였으며, 3종의 퇴비 모두 농촌진흥청 비료품질검사방법 및 시료채취기준(RDA,2019)에 준하여 수분, 유기물, T-C, T-N, 유기물/질소비, 염분함량, 염산불용해물, 유해중금속 8종 등을 분석하였다.

처리구 및 시비량 설정

퇴비 처리구의 설정의 경우 서로 다른 퇴비의 효과를 보기 위하여 무처리구(Control), 음식물류폐기물퇴비(FWC), 가축분퇴비(LC), 혼합퇴비(FWC+LC)로 설정하였으며, 추가적으로 화학비료 시용에 따른 변화를 확인하기위해 FWC+NPK, LC+NPK, FWC+LC+NPK 설정하여 총 7개의 처리구를 설정하였다. 퇴비 시비량은 농촌진흥청 작물별 시비처방 기준(RDA, 2010)으로 처리하였으며, 10a 기준 2000 kg 기비하였고, 화학비료의 경우 10a 기준 N : 14 kg, P₂O₅ : 16 kg, K₂O : 8 kg을 각각 시비하였다.

작물 정식

정식에 앞서 처리구의 면적은 1.0 m²(1.0 m x 1.0 m)의 크기로 설정하였고, 재식거리의 경우 25 cm로 설정하여 처리구 당 토마토 6주를 정식하였다. 또한 통계학적 유의성을 보기위해 모든 처리구는 3반복 및 난괴법으로 배치하였으며, 작물의 경우 본 연구가 3~5매정도 되는 건실한 토마토(*Lycopersicon esculentum*.L, 복수 2호) 모종을 선발하여 사용하였다.

퇴비 처리 후 작물생육 조사

총 재배기간은 6주이며, 7일 간격으로 농촌진흥청의 농작물 생육조사 표준메뉴얼(RDA, 2014)에 준하여 토마토의 엽

Table 2. Chemical properties of compost used

Composts	OM	Water content	T-C	T-N	OM/N ratio	NaCl	HIS [†]
	%						
Standard	<30	<55	Element content		45>	2.0>	26>
LC [‡]	48.7	30.42	28.5	3.1	15.71	0.81	5.32
FWC	60.3	20.7	45.3	5.6	10.77	1.82	6.37
LC+FWC	53.6	27.2	37.5	4.5	11.91	1.03	7.41

[†]HIS: HCl Insoluble Substance.

[‡]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost.

Table 3. Concentration of hazardous heavy metals in livestock compost and food waste compost

Composts	AS	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
	mg kg ⁻¹							
Standard	< 45	< 5	< 2	< 130	< 200	< 360	< 45	< 900
LC	ND [†]	ND	ND	ND	40.91	76.82	12.51	212.85
FWC	ND	0.19	ND	0.96	0.65	5.48	0.25	32.68
LC+FWC	ND	0.13	ND	0.43	15.47	26.24	5.32	145.82

[†]ND: Not detected

장, 엽폭, 엽색도(O.D)를 측정하였다. 엽색도의 경우 엽색도 측정기(SPAD-502, Korea)로 처리구간의 변화를 확인하였다. 최종 수확 후 작물생육 변화를 위해 생중량 및 건중량, 뿌리길이, 줄기길이를 측정하였다.

처리구별 토양화학성 분석

정식 전 토양과 최종 수확 후의 토양의 화학적 특성 변화를 확인하였으며, 경기도농업기술원 토양 및 퇴비분석법 (Agricultural Technology Institute, 2015)에 준하여 1:5법으로 토양용액을 추출하여 pH와 EC를 측정하였다. 유기물의 경우 610 nm에서 Walkley-Black method를 사용하여 흡광도를 측정하였으며, 유효인산은 몰리브덴 청법을 통해 660 nm에서 비색 정량하였다. 유기물 및 유효인산 측정은 UV-vis spectrometer (UV-2401PC, Japan)을 사용하였고, 양이온교환용량(CEC) 와 치환성 양이온의 경우 1N NH₄OAc (pH 7.0)의 용액으로 추출한 후 ICP (ICP series-6000, USA)를 이용하여 분석하였다.

통계검정

처리구간의 작물 생육의 차이와 토양의 화학적 특성변화에 대한 통계적 유의성을 위해 모든 처리구는 3반복으로 진행하였고, 반복 간의 평균과 표준편차 K값을 SAS 9.5 프로그램을 통해 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, Duncan 검정을 통해 유의수준 P<0.05 수준에서 통계적 검정을 수행하였다.

결과 및 고찰

공시시료 3종의 비료공정규격 적합여부 확인

공시시료 3종의 퇴비는 모두 비료공정 규격에 준하여 분

석하였고, 그 결과는 Table 2,3과 같다. 비료공정규격의 유기물 최소 기준치는 30%이며, 본 연구에서는 LC 48.7%, FWC 60.3%, FWC+LC 53.6%으로 3 종의 퇴비 모두 비료공정규격치 이상의 유기물 함량을 나타냈다(RDA, 2019). 총탄소와 총질소의 경우 음식물류폐기물 퇴비가(FWC) 각각 45.3, 5.6%로 다른 퇴비에 비해 높은 수치를 보였는데, 이는 음식물류 폐기물 퇴비 제조 시 첨가제의 종류와 혼합비율에 따라 탄소함량이 변화한다고 알려져 있으며, 질소의 경우 퇴비화 반응 시 유기탄소 등이 미생물에 의해 분해되어 CO₂ 등으로 소실됨에 따라 상대적으로 증가한다는 연구결과가 있다 (Kang et al., 2003). 비료공정규격치 중 우려되었던 염분함량의 경우 FWC 1.82> LC+FWC 1.05> LC 0.79 순으로 나타냈는데 이는 국내 음식물이 평균적으로 2.33%의 높은 염분 함량을 보유해 나온 결과로 사료된다(Won et al., 2015). 유해 중금속 8종은 3종의 퇴비 모두 기준치 이하의 값을 보였으나, 가축분 퇴비(LC)가 Cr 40.91 mg kg⁻¹, Cu 76.82 mg kg⁻¹, Zn 212.85 mg kg⁻¹로 다른 퇴비에 비해 다소 높은 중금속 함량을 보였다. Ko와 Kim(2016)에 의하면 성장촉진과 사료효율 개선을 위해 다량의 중금속들이 사료에 첨가되고 동물체 내에 흡수되지 않아 분뇨로 배출되어 제조된 퇴비가 높은 중금속 함량을 보인 것으로 판단된다.

퇴비 사용에 따른 토마토생육 평가

공시 작물인 토마토의 생육조사는 총 6주간의 변화를 조사하였고, 주차 별 생육변화를 확인하기 위해 7일 간격으로 토마토의 엽장, 엽폭, 엽색도를 측정하였다. 생육 초기시점인 1~3 주차의 경우 처리구간 유의성이 나타나지 않았으나, 4주차부터 처리구간 생육의 차이를 보이기 시작하였다(Table 4,5). 5 주차의 가축분 퇴비처리구(LC)의 경우 다른 퇴비 처리구에

Table 4. Tomato growth with different compost treatments for 1~2 weeks

Treatments	1 Weeks			2 Weeks		
	Leaf length cm	Leaf width cm	Chlorophyll O.D (SPAD)	Leaf length cm	Leaf width cm	Chlorophyll O.D (SPAD)
Control	4.76±0.08 ^{a†}	2.58±0.05 ^b	39.02±1.33 ^{bc}	4.96±0.29 ^a	2.59±0.23 ^a	40.22±4.80 ^b
LC [‡]	4.77±0.13 ^a	2.95±0.31 ^a	44.76±0.70 ^a	5.13±0.27 ^a	3.02±0.32 ^a	45.92±2.32 ^{ab}
FWC	4.73±0.13 ^a	2.52±0.07 ^b	37.71±1.52 ^{bc}	5.02±0.29 ^a	2.73±0.13 ^a	48.09±1.54 ^a
FWC+LC	4.70±0.10 ^a	2.52±0.11 ^b	36.28±0.63 ^c	4.93±0.31 ^a	2.65±0.19 ^a	46.20±6.50 ^a
LC+NPK	4.92±0.19 ^a	2.69±0.15 ^{ab}	41.00±3.82 ^{ab}	5.13±0.23 ^a	2.88±0.13 ^a	50.32±3.32 ^a
FWC+NPK	4.82±0.18 ^a	2.72±0.04 ^{ab}	39.02±2.91 ^{bc}	5.02±0.29 ^a	2.84±0.03 ^a	48.66±1.54 ^a
FWC+LC+NPK	4.75±0.12 ^a	2.59±0.18 ^b	36.62±1.32 ^{bc}	4.95±0.20 ^a	2.88±0.21 ^a	43.92±3.02 ^{ab}

[†]The different letters are significantly (P<0.05) different according to Duncan's multiple test.

[‡]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost

Table 5. Tomato growth with different compost treatments for 3~4 weeks

Treatments	3Weeks			4Weeks		
	Leaf length cm	Leaf width cm	Chlorophyll O.D (SPAD)	Leaf length cm	Leaf width cm	Chlorophyll O.D (SPAD)
Control	5.62±0.43 ^{a†}	2.90±0.16 ^b	51.06±0.92 ^a	6.71±0.13 ^f	3.72±0.28 ^c	46.18±1.82 ^c
LC [‡]	5.13±0.33 ^a	3.58±0.06 ^a	48.14±6.24 ^a	7.70±0.05 ^c	4.11±0.03 ^b	47.12±0.03 ^c
FWC	5.02±0.65 ^a	3.42±0.30 ^{ab}	53.83±1.47 ^a	7.05±0.03 ^e	3.77±0.05 ^c	46.86±0.02 ^c
FWC+LC	4.93±0.56 ^a	3.21±0.28 ^{ab}	51.86±0.41 ^a	7.32±0.04 ^d	3.85±0.04 ^c	47.01±0.03 ^c
LC+NPK	5.13±0.43 ^a	3.61±0.20 ^a	52.43±3.48 ^a	8.36±0.16 ^a	4.79±0.06 ^a	49.58±0.06 ^a
FWC+NPK	5.02±0.35 ^a	3.68±0.32 ^a	49.59±0.45 ^a	8.03±0.10 ^b	4.39±0.03 ^b	47.78±0.03 ^{bc}
FWC+LC+NPK	4.95±0.63 ^a	3.36±0.36 ^{ab}	51.42±1.52 ^a	8.37±0.04 ^b	4.56±0.04 ^a	48.70±0.04 ^b

[†]The different letters are significantly (P<0.05) different according to Duncan's multiple test.

[‡]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost

Table 6. Tomato growth with different compost treatments for 5~6 weeks

Treatments	5Weeks			6Weeks		
	Leaf length cm	Leaf width cm	Chlorophyll O.D (SPAD)	Leaf length cm	Leaf width cm	Chlorophyll O.D (SPAD)
Control	7.49±0.46 ^{e†}	4.12±0.14 ^g	50.87±0.44 ^f	8.74±0.02 ^g	4.84±0.04 ^g	52.28±0.02 ^g
LC [‡]	9.64±0.04 ^c	5.62±0.02 ^d	57.19±0.04 ^d	10.31±0.02 ^d	5.81±0.03 ^d	58.44±0.02 ^d
FWC	8.95±0.04 ^d	5.10±0.03 ^f	56.30±0.67 ^e	9.85±0.03 ^f	5.35±0.03 ^f	56.89±0.04 ^f
FWC+LC	9.39±0.06 ^c	5.34±0.04 ^e	56.85±0.04 ^d	10.12±0.03 ^e	5.51±0.03 ^e	57.91±0.04 ^e
LC+NPK	10.48±0.06 ^a	6.43±0.04 ^a	59.71±0.04 ^a	11.80±0.08 ^a	6.88±0.03 ^a	61.12±0.04 ^a
FWC+NPK	10.01±0.04 ^b	5.90±0.02 ^c	57.76±0.04 ^c	11.12±0.04 ^c	6.11±0.03 ^c	58.92±0.04 ^c
FWC+LC+NPK	10.24±0.09 ^{ab}	6.03±0.02 ^b	58.31±0.03 ^b	11.51±0.03 ^b	6.40±0.02 ^b	59.50±0.03 ^b

[†]The different letters are significantly (P<0.05) different according to Duncan's multiple test.

[‡]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost

비해 엽장 9.64 cm, 엽폭 5.62 cm, 엽색도 57.19로 상대적으로 높은 생육을 보였으며, 화학비료 처리 시 또한 비슷한 경향의 값을 보였다. 6주차의 엽장, 엽폭, 엽색도는 가축분 + 화학비료 처리구(LC+NPK) 가 11.80 cm, 6.88 cm, 61.12

O.D로 가장 높은 수치를 나타냈고, 이어 혼합퇴비 + 화학비료(FWC+LC+NPK) 처리구가 11.51 cm, 6.40 cm, 59.50 O.D의 값을 나타냈다(Table 6). 최종 수확 후 토마토의 줄기 길이, 뿌리길이, 생중량 및 건중량을 조사하였으며, 그 결과는

Table 7. Tomato growth with various treatments after harvest

Treatment	Shoot length	Root length	Total length	Fresh weight	Dry weight
	cm			g	
Control	68.67±12.25 ^{bf}	25.23±12.25 ^b	93.90±9.81 ^b	766.7±76.4 ^e	183.3±56.9 ^d
LC [‡]	91.06±2.91 ^a	30.72±2.91 ^{ab}	121.78±5.03 ^a	1604.5±55.5 ^{bcd}	370.0±30.0 ^{bc}
FWC	91.56±8.20 ^a	30.30±8.20 ^{ab}	121.86±3.73 ^a	1464.4±70.7 ^d	303.3±37.9 ^{cd}
FWC+LC	98.38±5.31 ^a	27.80±5.31 ^{ab}	126.18±7.25 ^a	1526.7±68.1 ^{cd}	326.7±55.1 ^c
LC+NPK	104.82±7.12 ^a	32.12±7.12 ^a	136.94±5.14 ^a	1816.7±85.0 ^a	486.7±61.1 ^a
FWC+NPK	95.40±8.82 ^a	29.54±8.82 ^{ab}	124.94±9.28 ^a	1687.4±84.3 ^{abc}	403.3±68.1 ^{abc}
FWC+LC+NPK	98.32±2.59 ^a	31.22±2.59 ^{ab}	129.54±4.84 ^a	1753.3±90.7 ^{ab}	433.3±30.6 ^{ab}

[†]The different letters are significantly ($P<0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[‡]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost

Table 8. Chemical properties of Tomato grown soil after harvesting

Treatments	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Exch. cation (cmol+ kg ⁻¹)				
	(1:5 H ₂ O)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	CEC	Ca	K	Mg	Na
Control	6.24±0.09 ^{cf}	0.84±0.16 ^c	20.57±0.69 ^b	379.01±13.36 ^e	14.20±0.07 ^e	5.74±0.04 ^e	0.57±0.01 ^e	0.99±0.02 ^e	0.16±0.01 ^f
LC [‡]	6.20±0.05 ^d	0.94±0.02 ^{de}	20.99±3.59 ^{ab}	483.40±16.72 ^{bcd}	14.61±0.15 ^f	5.92±0.02 ^f	0.78±0.01 ^f	1.02±0.01 ^{ef}	0.36±0.01 ^d
FWC	6.87±0.02 ^a	1.50±0.06 ^c	21.92±1.58 ^{ab}	440.77±16.41 ^d	15.10±0.11 ^d	6.07±0.01 ^d	0.92±0.02 ^d	1.07±0.01 ^d	0.51±0.01 ^c
FWC+LC	6.03±0.01 ^e	1.46±0.08 ^c	21.53±1.36 ^{ab}	468.96±25.66 ^{cd}	14.87±0.10 ^e	5.98±0.01 ^e	0.87±0.01 ^e	1.05±0.03 ^{de}	0.51±0.02 ^c
LC+NPK	6.25±0.02 ^c	1.76±0.01 ^e	22.34±3.46 ^{ab}	557.31±37.55 ^a	15.38±0.09 ^c	6.11±0.02 ^c	1.02±0.01 ^c	1.12±0.02 ^c	0.24±0.01 ^e
FWC+NPK	6.57±0.02 ^b	2.74±0.03 ^a	23.49±0.34 ^a	519.69±9.83 ^{abc}	15.88±0.10 ^a	6.33±0.01 ^a	1.21±0.01 ^a	1.22±0.03 ^a	0.90±0.01 ^b
FWC+LC+NPK	6.04±0.01 ^e	2.30±0.14 ^b	23.22±1.65 ^{ab}	525.61±33.76 ^{ab}	15.66±0.01 ^b	6.27±0.01 ^b	1.13±0.02 ^b	1.15±0.01 ^b	0.51±0.02 ^c

[†]The different letters are significantly ($P<0.05$) different according to Duncan's multiple test.

[‡]LC, Livestock compost; FWC, Food waste compost

Table 7에 나타나 있다. 뿌리길리와 줄기길리는 LC > FWC+LC > FWC순을 보였고, 총 길이의 경우에는 FWC+LC 처리구가 126.18 cm로 처리구간 가장 높은 수치를 나타냈다. 건중량은 LC 370.0 g, FWC+LC 326.7 g, FWC 303.3g 순이었으며, 화학비료 처리 시 LC+NPK 486.7 g, FWC+LC+NPK 433.3 g, FWC+NPK 403.3로 유의하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Yoo 등(2018)의 포트실험 결과도 비슷한 경향을 나타냈는데, 최종 수확 후(4주) 엽장(14.5 cm), 줄기길이(94.9 cm), 총길이(112.6 cm), 생중량(139.3 g), 엽록소함량(49.5 O.D)로 LC+NPK 처리구가 가장 높은 것으로 나타났다.

퇴비 처리 시 토양 화학성 변화

서로 다른 퇴비의 사용에 따른 토양의 화학성 변화를 확인하기 위하여 공시토양과 재배 후 토양을 토양화학분석법을 통해 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Table 8). pH는 음식물류폐기물 퇴비 처리구(FWC)가 6.87로 처리구간 유의하게 높은 수치를 보였다. 이는 Yu 등(2001)에 의하면 음식물류폐기물 퇴비 사용량이 증가할수록 토양의 pH가 증가된다는 연구결과와 동일하였다. EC의 경우 음식물류폐기물 퇴비 처리구(FWC)가 1.50 dS m⁻¹로 처리구간 가장 높은 값을 보였고, 이어 혼합퇴비(FWC+LC)가 1.46 dS m⁻¹수치를 보였다. 화학비료 처리 시 FWC+NPK 처리구가 2.74 dS

m⁻¹, FWC+LC+NPK 2.30 dS m⁻¹로 나타났다. 유효인산(AV. P₂O₅)은 무처리구 대비 퇴비 처리구 모두 유의한 증가를 나타냈으며, 가축분 퇴비(LC) 483.40 mg kg⁻¹ > 혼합 퇴비(FWC+LC) 468.96 mg kg⁻¹ > 음식물류폐기물 퇴비(FWC) 440.77 mg kg⁻¹ 순의 결과로 나타났다. 화학비료 처리구 또한 위와 같은 경향으로 증가하는 것을 확인하였다. 가축분 퇴비의 경우 높은 인산함량을 보유하고 있어 퇴비 처리 시 토양내 인산함량이 증가된 것으로 사료된다(Kang et al., 2011). 유기물의 경우 FWC 21.92 g kg⁻¹, FWC+NPK 23.49 g kg⁻¹로 무처리구 대비 유의하게 높은 수치를 보여주었고, 토양 내 CEC 또한 증가하는 것을 확인하였다. 이 결과는 토양 내 유기물 함량이 높아질수록 CEC 함량 또한 증가된다는 Ramos 등(2017)의 연구 결과와 유사하였다.

결론

음식물류폐기물 퇴비 사용에 따른 토마토의 생육효과와 토양의 화학적 특성 변화에 대해 알아보고자 본 연구를 수행하였다. 공시토양 퇴비 3종(LC, FWC, FWC+LC) 모두 비료공정규격에 적합한 퇴비임을 확인하였으며, 음식물류폐기물 퇴비(FWC)의 염분함량 또한 1.82%로 비료공정 규격치인 2.0% 미만의 수치를 보였다. 퇴비 사용에 따른 토마토 생육

변화의 경우 6주차에서 가축분 퇴비+화학비료 처리구(LC+NPK)가 엽장 11.80 cm, 엽폭 6.88 cm, 61.12 O.D로 가장 높은 생육을 보였으며, 이어 음식물류폐기물 + 가축분 퇴비 + 화학비료(FWC+LC+NPK)가 엽장 11.51 cm, 엽폭 6.40 cm 59.50 O.D 순을 보이며 무처리구 대비 높은 생육 차이를 확인할 수 있었다. 생중량과 건중량 또한 위와 같은 경향을 값을 나타냈다. 토양화학성 변화에서는 음식물류폐기물 퇴비(FWC) 처리가 pH 6.87로 무처리구 대비 유의하게 높은 수치를 나타냈으며, EC의 경우 음식물류폐기물 퇴비(FWC)가 $1.50 \text{ dS m}^{-1} >$ 음식물류폐기물 + 가축분 혼합퇴비(FWC+LC) $1.46 \text{ dS m}^{-1} >$ 가축분(LC) 0.94 dS m^{-1} 순의 수치를 보였다. 화학비료 처리 또한 비슷한 경향의 값을 나타냈다. 또한 음식물류폐기물 퇴비(FWC) 처리시 전반적인 토양의 유기물 함량과 CEC함량이 유의적으로 증가하였으며, 가축분 퇴비(LC) 처리가 토양내 유효인산 함량을 증가시키는 것을 확인할 수 있었다. 위 결과를 종합하여 보았을 때 음식물류폐기물 퇴비(FWC)와 가축분 혼합퇴비(FWC+LC)는 가축분 퇴비(LC)에 준하는 효과를 나타냈으며, 추후 음식물류폐기물 퇴비 연용 시험을 통해 작물생육과 토양에 미치는 영향에 대해 조사하여 음식물 퇴비 시비량 설정 및 혼합비율에 대한 추가연구가 필요할 것으로 판단된다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ010848)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Kang, C. S., Roh, A. S., Kim, S. K., & Park, K. Y. (2011). Effects of the application of livestock manure compost on reducing the chemical fertilizer use for the lettuce cultivation in green house. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(3), 457-464.
- Kang, C. M., Kim, B. M., & Jeoung, I. H. (2003). The study of efficient treatment conditions on the composting of food waste. *Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association*, 11(2), 117-124.
- Kim, K. H., Kwon, Y. H., Lee, D. J., Kang, J. K., Sin, S. K., & Son, J. I. (2015). A Study on Applied Device of Reduction for Decrease of Food Waste. *Journal of Korea Society of Waste Management*, 32(3), 281-288
- Kim, Y. S., & Kim, B. T. (2007). Effect of food waste and poultry manure compost on the growth of young radish and the change of soil properties. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*, 15(1), 159-170.
- Ko, H. J., & Kim, K. Y. (2016). Heavy metal contents and chemical characteristics in compost from animal manures. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 26(2), 170-177.
- Kwon, S. I., So, K. H., Hong, S. G., Kim, G. Y., Lee, J. T., Seong, K. S., Kim, K. R., Lee, D. B., & Jung, K. Y. (2009). The effect of continuous application of the food waste composts on the paddy field environment. *Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association*, 17(3), 55-70.
- Lee, C. H., Park, S. J., Kim, M. S., Yun, S. G., Ko, B. G., Lee, D. B., Kim, S. C., & Oh, T. K. (2015). Characteristics of compost produced in food waste processing facility. *Korean Journal of Agricultural Science*, 42(3), 177-181.
- Lee, S. H., & Kim, M. K. (2000). The Study on Animal feed for Food Waste by Mechanical high-speed Fermentation and Dryness method. *Journal of Nakdong River Environmental Research Institute*, 5(1), 299-318.
- Phae, C. G., Chu, Y. S., & Park, J. S. (2002). Investigation of affect on composting process and plant growth of salt concentration in food waste. *Journal of the Korea Organic Resource Recycling Association*, 10(4), 103-111.
- Phae, C.G. (2002). Operation Problems and Solutions of Food Waste Composting Facility. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*, 10(2), 25-37.
- Ramos, F. T., Dores, E. F. D. C., Weber, O. L. D. S., Beber, D. C., Campelo Jr, J. H., & Maia, J. C. D. S. (2018). Soil organic matter doubles the cation exchange capacity of tropical soil under no-till farming in Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(9), 3595-3602.
- Won, J.S., Lee, S. M., Ra, J. D., Seo, G. T., & Jang, C. M. (2015). Evaluation of a Module-type Drying Apparatus for the Composting of Food Waste. *Journal of Korea Society of Waste Management*, 32(2), 200-206
- Yoo, J. H., Lee, Y.D., Hussein, A.K., & Jin H. J. (2018). The Effect of Food Waste Compost on Chinese Cabbage (*Brassica rapa* var. *glabra*) and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Growth. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 51(4), 596-607
- Yu, Y. S., Chang, K. W., & Lee, J. W. (2001). Effect of the application of residual food compost on growth of red pepper (*capsicum annum* L.) and physicochemical properties of soil. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 9(4), 81-88.